



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Miika Sinelmaa

MOOTTORIN PÄÄTYLAIPAN MUU- TOSTYÖ

Wärtsilä Oyj Abp

Konetekniikka
2015

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Miika Sinelmaa
Opinnäytetyön nimi	Moottorin päätylaipan muutostyö
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	34
Ohjaaja	Mika Billing

Opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Finland Oy W32-tuotesuunnittelu osastolle. Wärtsilän moottoreissa on havaittu öljyvuotoa kampiakselin huulitiivisteiden ja päätylaipan välistä ja ongelma on jatkunut jo pitkän aikaa. Rivikoneelle toimiva ratkaisu on jo kehitetty ja otettu käyttöön, mutta V-koneessa ei ole vielä tätä tehty. Työn tarkoituksena oli tutkia moottoreissa olevaa öljyvuotoa, sekä suunnitella V-koneelle päätylaippa. Päätylaipan tarkoitus on ohjata öljy hallitusti takaisin öljysumpuun.

Työ alkoi perehtymällä ongelmaan ja mahdollisiin ratkaisuihin. Aluksi tuli suunnitella testiohjelma öljyvuodon määrittämiseksi rivikoneesta ilman öljylukkoa. Testin tarkoitus oli selvittää kuinka paljon rivikoneeseen tehty öljylukko vaikuttaa vuodon hallitsemiseen, sekä moottorin eri olosuhteiden vaikutus huulitiivisteiden vuodon määrään.

Työn lopputulokseksi saatiin 3D-mallit valmistuskuvantoinen V-koneelle. Malleja tuli tehdä kaksi erilaista. Koneistusmalli, joka valmistettaisiin teräslevystä ja sitä käytettäisiin prototyyppinä. Toinen malli oli valumalli, joka otettaisiin tuotantoon jos prototyyppi toimisi moitteetta. Myös testauksia varten laadittiin testiohjelma, jolla selvitetäisiin vuodon määrää ja miten moottorin olosuhteet vaikuttavat siihen.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Miika Sinelmaa
Title	Alteration of End Cover in the Diesel Engine
Year	2015
Language	Finnish
Pages	34
Name of Supervisor	Mika Billing

This thesis was made for product engineering W32, Wärtsilä Finland Oy. There has been oil leakage in Wärtsilä W32-engines. The source of the leakage has been between the crankshaft sealing and the end cover and it has been a problem for long time. A solution for the problem has been made for Wärtsilä's inline engines and it has been proven to be good. But there is no solution made for the Wärtsilä's V-engines. The objective of this thesis was to examine and test the oil leakage in the engines and to design a new end cover with the oil pass-through system for the V-engine.

The thesis began by getting familiar with the problem and thinking of possible solutions. The first thing to do was to make a test plan to find out how much oil leakage came from the inline engine without the designed oil pass-through system. The objective of this test was to figure out how much did the oil pass-through system helped for the problem.

As a result we got 3D-models for the end cover with production drawings were made. There were two kind of models, one of which was a machined end cover to be made from blank steel. This model will be used as a prototype. The other one is a cast model that will be the production model if the prototype is successful in testing.

Keywords Sealing, product development, engine, crankshaft

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYSESITTELY	8
	2.1 Wärtsilä yleisesti.....	8
	2.2 Wärtsilän organisaatio	8
3	TUOTEKEHITYKSEN TEORIAA	10
4	MOOTTORI.....	12
	4.1 Moottorin toiminta.....	12
	4.2 Öljyn tehtävä moottorissa	13
5	AKSELEIDEN TIIVISTÄMINEN	15
6	VAIHTOEHTOISET RATKAISUT	18
7	ONGELMAN MÄÄRITTÄMINEN	20
	7.1 Ongelman tausta.....	20
	7.2 Testaus	20
8	PÄÄTYLAIPAN SUUNNITTELU	23
	8.1 Koneistusmalli	23
	8.1.1 Huomioon otettavat asiat.....	23
	8.1.2 Koneistusmallin suunnittelu.....	23
	8.2 Valumalli.....	26
	8.2.1 Huomioon otettavat asiat.....	26
	8.2.2 Valumallin suunnittelu	28
9	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET.....	34

KUVALUETTELO

Kuva 1. Kaavio tuotekehitysprosessista	10
Kuva 2. 4-tahti moottorin toiminta.....	12
Kuva 3. Öljyn kierto moottorissa	14
Kuva 4. Esimerkkikuva akselitiivisteiden asennuksesta	15
Kuva 5. Erilaisia akselitiivisteprofiileja	16
Kuva 6. Mittauspöytäkirja laboratoriotestejä varten	21
Kuva 7. Vasemmalla yläpuolen polttoleikkaus ja oikealla alapuolen polttoleikkaus	24
Kuva 8. Vasemmalla yläpuolen ja oikealla alapuolen laipan esikoneistus valmiina	24
Kuva 9. Laipan profiili ja öljylukko	25
Kuva 10. Alakappaleen profiili	25
Kuva 11. Hienoajokokoonpano	26
Kuva 12. Yläkappaleen valumalli	28
Kuva 13. Laipan profiili	29
Kuva 14. Alapuolen profiili ja öljylukko	30
Kuva 15. Yläkappaleen esikoneistusmalli.....	31
Kuva 16. Hienoajokokoonpano	32

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy:n W32-tuotesuunnittelu. W32-tuotesuunnittelu toimii osana Wärtsilä Ship Poweria ja toimii Vaasa Delivery Centerissä, joka on Vaasassa sijaitseva Wärtsilän tehdas. Wärtsilän W32-moottoreissa on havaittu öljyvuotoa kampiakselin huulitiivisteessä. Kyseinen öljyvuoto on sijoittunut moottorin vauhtipyörän pätyyn. Ongelma on vaivannut W32-moottoreita jo pitkään. Moottoreista on vuotanut viimeaikoina paljon öljyä koeajon yhteydessä ja siksi toimeksiantaja näkee, että ongelman korjaaminen olisi jo erittäin ajankohtaista ja kiireellistä.

Öljyvuodon lähde on ollut kampiakselin huulitiivisteen ja moottorin päätylaipan välissä. Ongelmaa on tarkasteltu ja ratkaisuja on yritetty kehitellä. Ongelman todennäköisin syy on tiiviste, joka sijaitsee kampiakselin ja päätylaipan välissä. Kyseinen tiiviste on huulitiiviste ja on tiedossa, että kampiakselin kierrosnopeus vaikuttaa tiivisteen toimintaan. Tiivisteessä olevat olakkeet eivät pysy tiivistepinnassa kiinni, kun kehänopeus nousee tarpeeksi suureksi. Suurempi vaikuttaja on kuitenkin kampikammion yli- tai alipaine, jotka vaikuttavat tiivisteen toimintaan huomattavasti. Tiiviste ei kestä alipainetta niin paljoa kuin ylipainetta. Paineen mennessä tiivisteen sietorajan yli, huulet nousevat irti tiivistepinnasta, jolloin tiiviste menettää ominaisuutensa pitää öljyn moottorin sisällä.

Rivimoottoreihin on suunniteltu ja otettu käyttöön uudenlainen päätylaippa, jonka tarkoituksena on ohjata ohivuotanut öljy takaisin moottorin öljypohjaan laippaan tehdyn öljylukon ja öljyn keruu-uran avulla. Öljylukon tarkoitus on päästää vuotanut öljy takaisin öljypohjaan, mutta ei kampikammion painetta ulospäin. V-koneille on suunniteltu erilaisia ratkaisuja vuodon hillitsemiseksi, mutta ratkaisut eivät kuitenkaan ole olleet tarpeeksi hyviä.

Opinnäytetyöhön sisältyy öljyvuodon syyn ja vuodon määrän tutkiminen, sekä uuden päätylaipan suunnittelu V-koneelle. Vuodon tutkiminen tapahtuu Vaasan tehtaassa sijaitsevassa moottorilaboratoriossa. Testaukset suunniteltiin rivikoneelle, jonka päätylaippaan muutostyö on jo tehty. Saatuja tuloksia sovelletaan sen jälkeen

V-koneelle. Päätylaipasta tuli tukkia öljylukko ja ohjata vuotanut öljy erilliseen säiliöön, josta voidaan päätellä kuinka paljon öljyä öljylukon kautta kulkee. Näiden testien perusteella saadaan selville onko öljyn keruu-ura ja öljylukko tehokas ratkaisu ongelmaan, sekä pystytään mitoittamaan öljylukon koko V-koneelle. Testauksiin kuuluu myös kokeilla kampikammion eri paineita. Kampikammioon luodaan ylipainetta ja alipainetta ja katsotaan onko paine-eroilla vaikutusta vuotoon. Tutkimukseen testataan myös moottoria eri kierrosnopeuksilla, sillä tiivisteiden keuhänopeuskin vaikuttaa tiivisteiden toimintaan. Uuden päätylaipan ei tule siis lopettaa vuotoa tiivisteiden välistä, vaan ohjata vuotanut öljy takaisin öljypohjaan.

Työn lopputuloksena tulisi selvittää mahdolliset syyt, moottorin testaukset ja uuden päätylaipan suunnittelu. Uuden päätylaipan tulee sopia suoraan vanhan tilalle ilman mitään suurempia toimenpiteitä. Päätylaipasta tulisi tehdä koneistusmalli ja valumalli. Malleista tulisi myös tehdä valmistuspiirustukset. Koneistusmallilla tulisi selvittää onko ratkaisu hyödyllinen. Koneistusmallia kokeiltaisiin moottoreihin, jotka vuotavat öljyä ja katsotaan loppuuko vuoto uudella päätylaipalla. Jos ratkaisu todetaan toimivaksi, valumallista tehtäisiin prototyyppi ja se siirtyisi Wärtsilän validointiprosessiin. Prosessissa sitä testattaisiin laboratoriossa 1000–2000 tuntia. Mikäli validointiprosessi sujuu ongelmitta, korvaa päätylaipan uusi design vanhan version.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Wärtsilä yleisesti

Wärtsilä on konepajateollisuutta harjoittava pörssiyhtiö. Wärtsilä toimittaa laivanmoottoreita, -koneistoja ja -laitteistoja, sekä öljy-, kaasu- ja monipolttoainemoottoreihin perustuvia voimalaitoksia. Wärtsilän historia on varsin monipuolinen. Wärtsilä on ajan myötä toiminut muun muassa telakka-, paperikone-, lukko-, keramiikka- ja lasiteollisuudessa.

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimarakaisujen toimittaja. Wärtsilällä on yli 200 toimipistettä lähes 70 maassa. Maailmanlaajuisesti Wärtsilä työllistää noin 17 700 henkilöä, heistä 3753 työskentelee Suomessa. /1/

Wärtsilän liiketoiminnan keskeisiä kysyntätekijöitä ovat kaasuun ja energiatehokkuuteen liittyvät tarpeet sekä ympäristötietoisuus. Wärtsilän strategiset painopistealueet ovat Smart Power Generation, kaasu polttoaineena ja ympäristöratkaisut. Smart Power Generation koostuu kolmesta osa-alueesta: Energia tehokkuudesta, joustavuudesta käytössä sekä polttoainejoustavuudesta. /2/

2.2 Wärtsilän organisaatio

Wärtsilä jakautuu kolmeen eri toimialaan: Services, joka työllistää noin 10 690 henkilöä ja täten ollen on suurin kolmesta toimialasta, Ship Power, joka työllistää noin 5 600 henkilöä ja Power Plants työllistäen noin 980 henkilöä.

Servicen tavoitteena on maksimoida osuus merenkulun ja voimalaitosten huolto-markkinoista. Services pyrkii kehittämään palvelutarjontaansa ja prosessejaan, jotta se voisi tarjota kustannustehokkaasti parempaa lisäarvoa asiakkaille. Wärtsilä Services luo yhteistyössä asiakkaidensa kanssa elinkaarioptimoituja ratkaisuja, jotka tehostavat asiakkaiden toimintaa ja parantavat sen kannattavuutta. Services

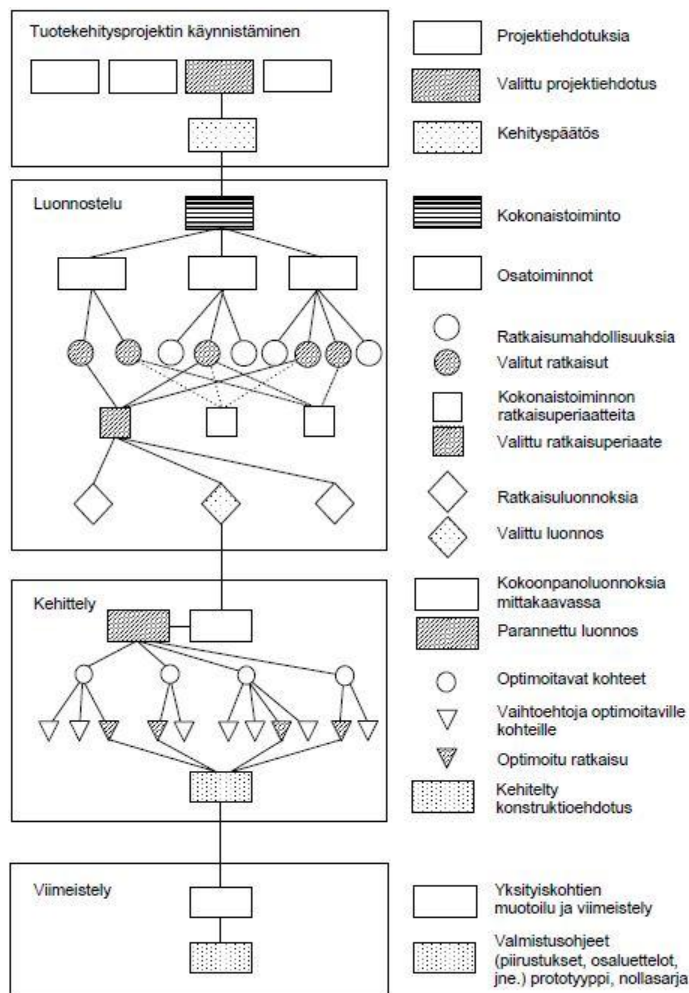
tarjoaa asiakkailleen logistiikka-, kunnossapito- ja käyttöpalveluja, valvontajärjestelmiä ja teknistä tukea globaalisti 24 tuntia vuorokaudessa viikon jokaisena päivänä sekä reaaliaikaista tietoa ja analyysijä.

Wärtsilä Ship Powerin strateginen tavoite on olla johtava innovatiivisten tuotteiden ja integroitujen ratkaisujen toimittaja meri- sekä öljy- että kaasuteollisuudelle. Wärtsilä Ship Power tukee asiakkaidensa liiketoimintaa tarjoamalla meriteollisuudessa sekä öljy- ja kaasuteollisuudessa toimiville asiakkailleen turvallisia, ympäristöyöytäisiä, tehokkaita, joustavia ja taloudellisia ratkaisuja. Wärtsilä Ship Powerin henkilökunta pyrkii räätälöimään innovatiivisia ja optimoituja ratkaisuja asiakkailleen ympäri maailmaa.

Wärtsilä Power Plants on kaasumaisia ja nestemäisiä polttoaineita käyttävien joustavien perusvoimantuotannon voimalaitosten maailmanlaajuisesti johtava toimittaja aina 600 MW:n tehoon saakka. Power Plants tarjoaa asiakaskohtaisia ratkaisuja kuormitushuippujen tasaamiseen, varavoimaksi ja kuormaa seuraavaan tuotantoon sekä sähköverkon vakaukseen. Wärtsilä Power Plants toimittaa myös LNG-termiinaaleja ja -jakelujärjestelmiä. Vuoden 2014 loppuun mennessä Wärtsilä oli toimit-
tanut lähes 5 000 voimalaitosta 170:een eri maahan. /1/

3 TUOTEKEHITYKSEN TEORIAA

Tuotekehitys liittyy kokonaan uuden tuotteen luomiseen tai olemassa olevan tuotteen kehittämiseen. Tuotekehityksessä on kyse siitä, että tuotteesta tulee teknisesti aikaisempaa parempi ja valmistuskustannuksiltaan halvempi. Tuotekehitys ei liity pelkästään valmistettaviin kappaleisiin vaan voi myös liittyä esimerkiksi ohjelmistoihin ja palveluihin. Teollisuudessa tuotantokehitys on tarpeellista, koska onnistunut tuotekehitystoiminta on yrityksen menestystekijä. Jos tuotekehitystä ei ole, vanhentuu kaikki tuotteet aikanaan ja myynti loppuu. Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, mikä yleensä vaatii tiimityötä. **(Kuva 1.)**



Kuva 1. Kaavio tuotekehitysprosessista

Tuotekehitysprojekti voidaan jaotella neljään eri toimintavaiheeseen: tuotekehitysprojektin käynnistys, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Tuotekehitysprojekti alkaa sen käynnistämisestä, jossa eri projektiehdotuksista valitaan paras ehdotus ja siitä tehdään kehityspäätös. Tuotekehitysprojektin aloittaminen kuitenkin edellyttää, että tuotteen tarve ja ajatus sen toteuttamisesta on olemassa. Tuotekehitystä ei voi aloittaa jos sen toteuttamistapaa ei ole tiedossa.

Luonnosteluvaihe alkaa tehtävän analysoinnilla ja vaatimuslistan tekemisellä. Tuotteelle laaditaan sille asetettavat tavoitteet ja vaatimukset. Tässä vaiheessa voi tulla selville asioita, joita ei otettu huomioon kehityspäätöstä tehtäessä. Lopullisen vaatimuslistan tekemistä voidaan joutua siis konsultoimaan kehityspäätöksen tekijöiden kanssa. Vaatimuslistan tekemisen jälkeen luonnostelu jatkuu ratkaisumahdollisuuksien etsimisellä. Ratkaisumahdollisuuksista valitaan sen jälkeen parhaimmat ratkaisut. Valitusta ratkaisuperiaatteesta tehdään sen jälkeen erilaisia ratkaisuluonnoksia, joista paras pääsee jatkokoon.

Kehittelyvaiheessa pyritään parantamaan valittua ratkaisuperiaatetta ja jalostamaan sitä parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Ratkaisuperiaatteesta tehdään vaihtoehtoja optimoitaville kohteille. Optimoitu ratkaisu koostuu parhaista vaihtoehtoista. Konstruktioehdotus tehdään näiden ratkaisujen pohjalta, jonka jälkeen siirrytään viimeistelyvaiheeseen.

Viimeistelyvaiheessa kiinnitetään huomiota tuotteen yksityiskohtien muotoiluun ja viimeistelyyn. Viimeistelyvaiheessa tuotteelle tehdään työpiirustukset, osaluettelot, käyttö- ja huolto-ohjeet. Viimeistelyssä tehdään sarjavalmistettaville tuotteille prototyyppi, mutta prototyyppiä ei välttämättä valmisteta jos tuote on suuri ja kallis valmistaa. /3/

Wärtsilän tuotekehitysprosessissa uusia komponentteja testataan ensin 1000–2000 tuntia. Testeillä varmistetaan komponenttien toimivuus käytännössä. Testaukset tapahtuvat joko laboratorioissa tai tarkkaan valituissa asiakasinstallaatioissa. Komponentit otetaan käyttöön vasta, kun komponentin toimivuus on varmistettu käytännössä.

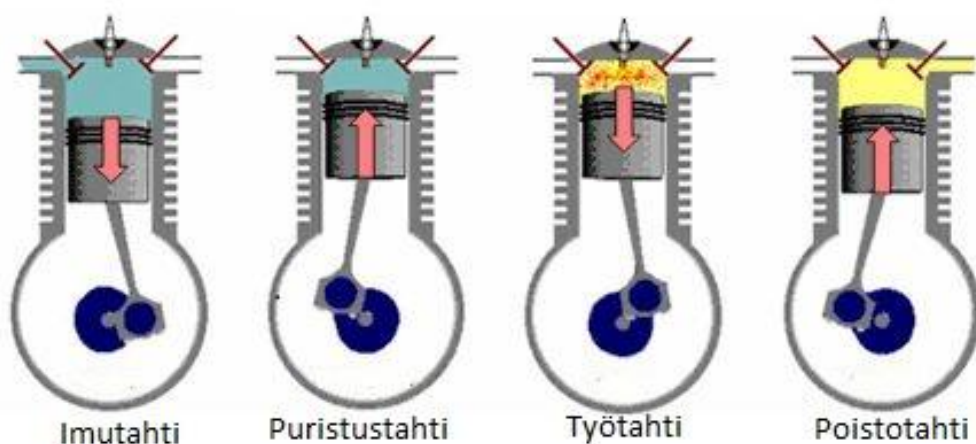
4 MOOTTORI

Wärtsilä tuottaa erilaisia moottoreita, kuten diesel-, kaasu-, kaksipolttoaine- ja biopolttoainemoottoreita. Kaikkien moottoreiden periaate on kuitenkin sama, vaikka käytettävä polttoaine vaihtuisikin. Moottorissa muutetaan syntyvä energia liike-energiaksi.

4.1 Moottorin toiminta

Polttomoottori muuntaa polttoaineeseen sitoutuneen energian lämmöksi, jonka se käyttää tehon tuottoon. 4-tahti moottori toimii neljässä tahdissa (**Kuva 2.**). Tahdit jakautuvat seuraavasti:

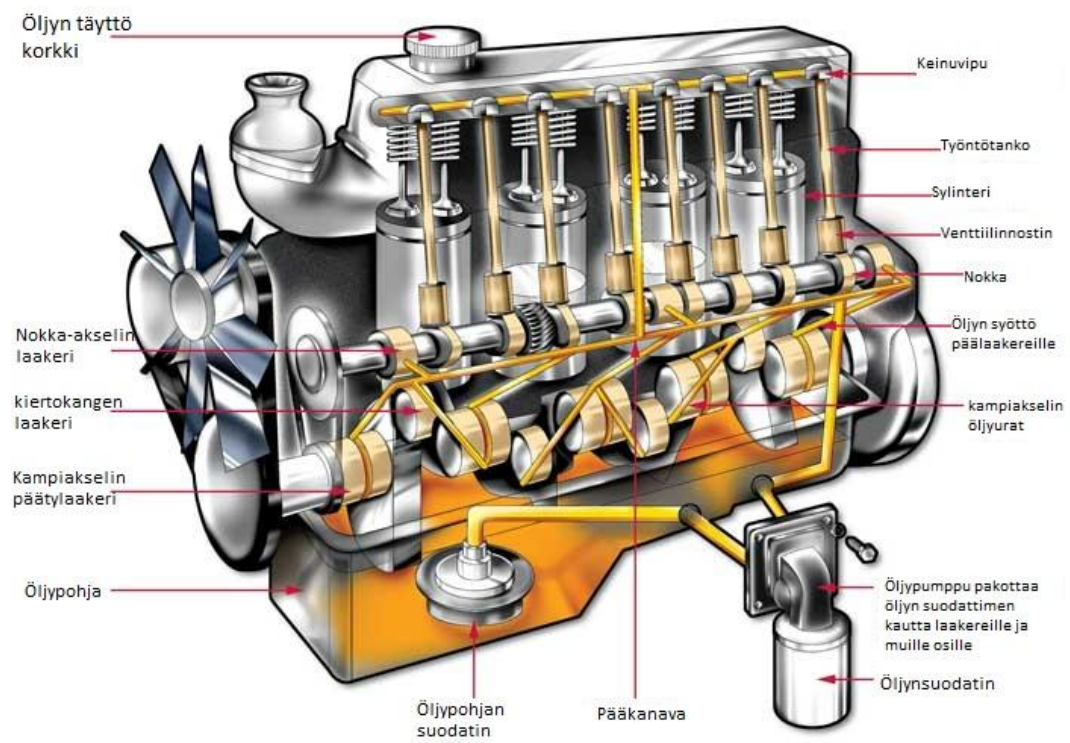
1. Imutahti - Imutahdissa imuventtiili aukeaa samalla kun mäntä liikkuu sylinterissä alas ja sylinterissä oleva alipaine imee polttoaineen ja ilman seoksen sylinteriin. Kun mäntä saavuttaa alakuolokohdan sulkeutuu imuventtiili
2. Puristustahti - Mäntä puristaa polttoaineseoksen tiiviimmäksi.
3. Työtahti - Kun mäntä saavuttaa yläkuolokohdan, puristettu polttoaineseos syttyy tai sytytetään. Mäntä lähtee työntymään takaisin alas räjähdysvoimasta, täten tuottaen liike-energiaa.
4. Poistotahti - Työtahdin loputtua pakoventtiili aukeaa ja mäntä lähtee takaisin ylös, työntäen räjähdyksestä syntyneet kaasut ulos.



Kuva 2. 4-tahti moottorin toiminta

4.2 Öljyn tehtävä moottorissa

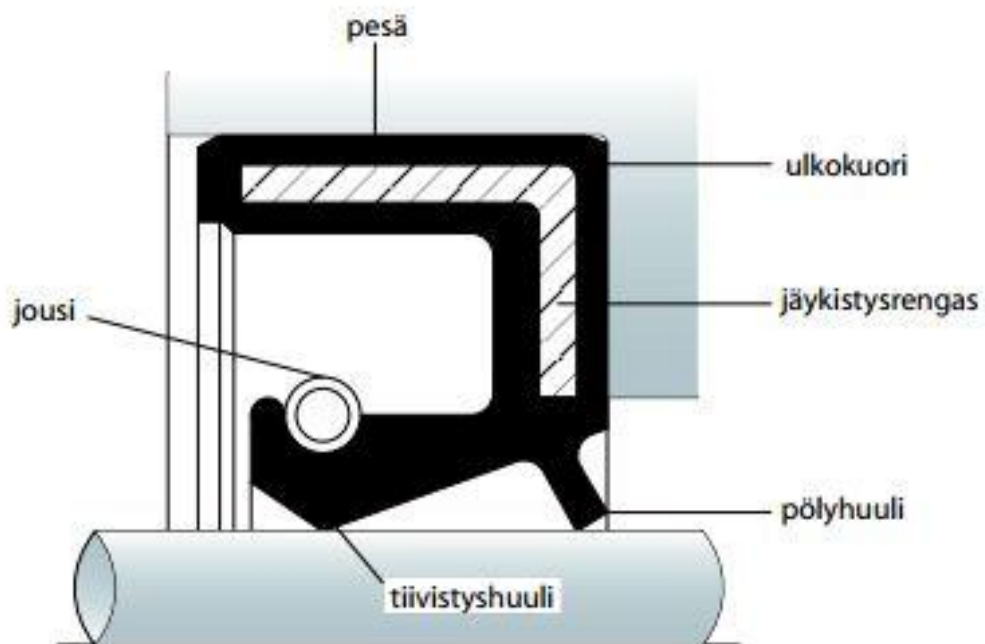
Öljyn tehtävä moottorissa on erittäin kriittinen. Öljyllä vähennetään kitkan syntymistä eri komponenttien välillä. Öljy luo ohuen kalvon liikkuvien osien välille, että osien välille ei pääse syntymään metallikontaktia niin paljoa. Ilman öljyä moottorin osat kulusivat nopeasti loppuun, koska metalli osat pääsevät kosketuksiin toistensa kanssa. Kitka osien välillä olisi suuri ja moottorin osat ylikuumentaisivat nopeasti ja tämä aiheuttaisi lämpölaajenemista osissa. Lämpölaajeneminen taas voi aiheuttaa moottorin kiinnileikkaamisen. Kiinnileikkaamisella tarkoittaen, että osat laajenisivat niin paljon, että ne eivät enää pääsisi liikkumaan. Riittävä öljyn kierto on siis pakollista moottorin kunnollisen, tasaisen ja pitkäikäisen toiminnan kannalta. Öljy sitoo myös itseensä lämpöä ja kuljettaa sen kohteisiin, joissa sitä tarvitaan tai vastaavasti jäähdyttää osia, jotka sitä tarvitsevat. Öljy toimii myös tärinän vaimentimena osien välillä. 4-tahti moottoreissa öljy sijaitsee öljypohjassa. Öljyn kierto toteutetaan öljypumpun avulla. Öljy johdetaan voitelukanavia pitkin ympäri moottoria lopuksi palaten takaisin öljypohjaan. Öljy on kuitenkin vaihdettava moottorissa tietyin väliajoin, sillä se kerää moottorista likaa ja osista irti lähtenyt ainetta. (Kuva 3.). /4/



Kuva 3. Öljyn kierto moottorissa

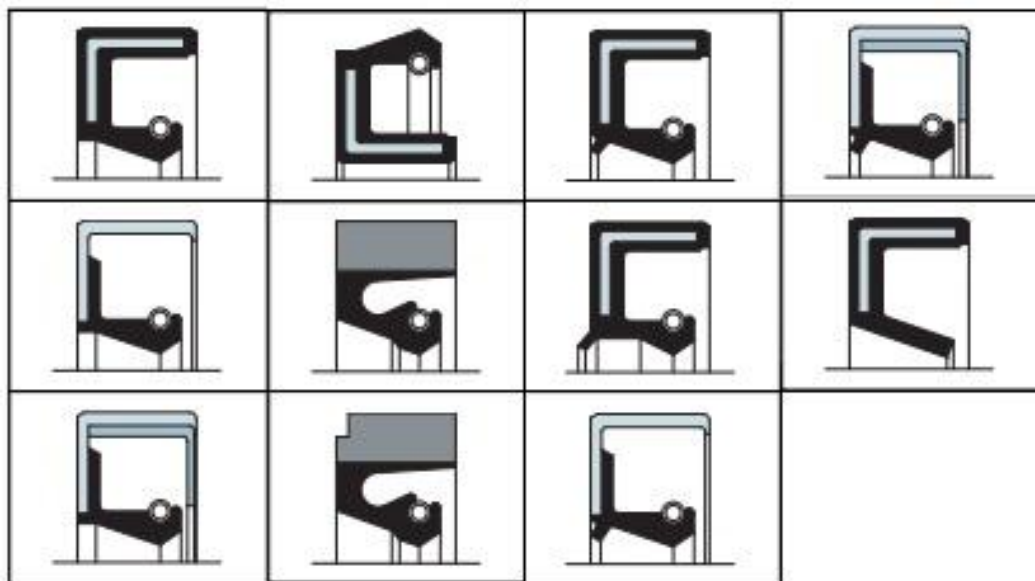
5 AKSELEIDEN TIIVISTÄMINEN

Pyörivien akselien tiivisteitä käytetään tiivistämään pyöriviä koneenosia joko käyttöainetta tai sisä- ja ulkopuolista epäpuhtautta vastaan. Tiivistetyypin valinta perustuu käyttöparametreihin, kuten käyttöpaineeseen, käyttölämpötilaan, kehänopeuteen ja ympäristöolosuhteisiin ilmapuolella. Pyörivän akselin tiivisteiden tarkoituksena on varmistaa pitävä ja toimiva vuodontiivistys. Sen tulisi myös vähentää toissijaisia mekaanisia vaikutuksia, kuten akselikitkaa, jotta saataisiin kuumuuden kehittyminen tiivisteiden välittömässä läheisyydessä mahdollisimman pieneksi. Akselikitka myös aiheuttaa tehohäviöitä, joten akselikitkan minimoinnissa saa myös tehohäviöitä pienennettyä. Jotta tiiviste toimisi oikein tulee sen asentaminen tehdä huolellisesti (**Kuva 4.**).



Kuva 4. Esimerkkikuva akselitiivisteiden asennuksesta

Akseleiden onnistuneeseen tiivistykseen liittyy monta asiaa. Akselin epäkeskisyys tulee ottaa huomioon. Akselin tulisi olla mahdollisimman saman keskeisiä tiiviste-
pesän kanssa, jotta säteispaine pysyy tasaisena. Dynaaminen epäkeskisyys johtuu osien väljyydestä, keskityspoikkeamasta yms. Jos dynaamista epäkeskisyyttä esiin-
tyy se vaikuttaa etenkin korkeissa nopeuksissa, sillä tiivistehuuli ei pysty seura-
maan akselin pintaa. Tämän takia tiivisteiden tulisi olla mahdollisimman lähellä laa-
keria. Tiivisteiden tulisi myös olla mahdollisimman keskitetty ja pystysuorassa akse-
liin nähden. Liian suuri kulma aiheuttaa tiivisteiden yksipuolista kulumaa. Akselei-
den tiivistämisessä tulee ottaa huomioon myös akselin kehänopeus, varsinkin jos
tiiviste on akselin mukana pyörivä. Pyörimisliike aiheuttaa keskipakovoimaa ja
se vähentää tiivisteiden aksiaalista pintapainetta. Akselitiivisteitä on saatavana eri
materiaaleista ja erilaisilla profiileilla, joilla jokaisella on jokin erityinen ominai-
suus (**Kuva 5.**). Oikean akselitiivisteiden valinnassa on siis oltavana tarkkana par-
haimman mahdollisen tiivistyksen aikaansaamiseksi. /5/



Kuva 5. Erilaisia akselitiivisteprofiileja

Wärtsilän moottoreissa on käytössä jouseton v-rengastiiviste. Huulitiivisteitä kuitenkin on saatavilla eri profiilisina. Jousellisissa huulitiivisteissä tiivistysominaisuudet ovat paremmat, mutta tiivisteprofiilin uusiminen vaikuttaisi mahdollisesti koko kokonaisuuteen. Kampiakseliin ja päätylaippaan tulisi kumpaankin tehdä muutoksia, mikä tulisi kalliiksi ja hankalaksi.

6 VAIHTOEHTOISET RATKAISUT

Vaihtoehtoisia ratkaisuja kyseiseen ongelmaan ei kovin montaa löydy. Halvin ratkaisu oli öljylukon tekeminen moottorin päätylaipan alaosaan, sekä ohivuotaneen öljyn keruu-ura päätylaippoihin. Öljyn keruu-uran tarkoitus on kerätä ohivuotanut öljy ja valuttaa se päätylaipan alaosassa sijaitsevaan öljylukkoon, josta öljy valuisi takaisin moottorin öljypohjaan.

Toinen ratkaisu olisi uudenlaisen tiivisteiden valinta. Olisi olemassa tiivisteitä, mitkä tiivistäisivät öljyn paremmin moottorin sisälle. Uudenlaisen tiivisteiden vaihtaminen kuitenkin edellyttäisi suuria muutostöitä. Muutoksen joutuisi tekemään kampiakseliin ja päätylaippoihin. Toisenlainen tiiviste vaatisi erilaisen tiivistepesän ja tiivistepinnan. Tästä johtuen muutostyöstä tulisi liian kallis ja monimutkainen.

Olisi myös mahdollista laittaa tuplatiivistys kampiakselin ja päätylaipan välille, mutta tämä olisi myös hankalaa. Muutostöitä tulisi jälleen liikaa, koska kampiakseliin joutuisi tekemään toisen tiivistepesän ja päätylaippaan toisen tiivistepinnan. Tiivisteiden välille tulisi kuitenkin suunnitella ura mistä öljy pääsisi valumaan takaisin koneeseen, että öljy ei pakkaantuisi kahden tiivisteiden välille.

Yksi ratkaisusta oli tiivisteiden kääntäminen ympäri niin, että tiivisteiden huulet osuivat kampiakseliin. Tällä ratkaisulla saataisiin poistettua keskipakovoiman aiheuttama voima tiivisteiden huuliin, jolloin ne eivät lähtisi irti tiivistepinnasta. Kyseinen ratkaisu kuitenkin aiheuttaisi kulumaa kampiakseliin ja kampiakselin vaihtaminen on erittäin kallis ja hankala toimenpide.

Valittu ratkaisu oli siis öljyn keruu-ura ja öljylukko päätylaippaan. Muut vaihtoehdot olivat liian kalliita ja hankalia toteuttaa. Myös muissa ratkaisuissa muutoksien testaus olisi hankalaa, koska tulisi ensin tehdä prototyyppi muutoksista toimivuuden testaamiseksi. Ratkaisu oli kaikista vaihtoehdoista helpoin ja nopein toteuttaa. Kampiakseliin tehtäviä muutoksia yritetään välttää mahdollisimman paljon, koska kampiakselin rakenne on erittäin tarkkaan mitoitettu ja suunniteltu. Muutokset

kampiakselissa tulisi miettiä erittäin tarkasti, jotta sillä ei olisi vaikutusta toimintaan. Valittu ratkaisu tuli myös olla helposti vaihdettavissa jo kentällä oleviin koneisiin, eli muutoksesta ei saisi koitua suuria remontteja koneeseen.

7 ONGELMAN MÄÄRITTÄMINEN

7.1 Ongelman tausta

Öljyn vuotaminen kampiakselin huulitiivisteeseen ja päätylaipan välistä on ollut ongelmana jo pitkään. Vuotoa on yritetty korjata ja saada hallittua erilaisilla muutoksilla päätylaippaan. Rivikoneissa muutostyöt ovat olleet onnistuneita ja öljynvuotoa on saatu hallittua ohjaamalla vuotanut öljy takaisin öljypohjaan. Kuitenkin V-koneiden öljynvuotoa ei ole vielä saatu korjattua tai hallittua. Muutoksia V-koneisiin on myös yritetty jonkin verran tehdä, mutta ne eivät ole olleet yhtä tehokkaita, kuin rivikoneeseen tehdyt muutokset. Toimeksiantaja onkin päättänyt tehdä samankaltaiset muutokset V-koneen päätylaippaan, kuin rivikoneenkin. Päätylaipat kuitenkin eroavat toisistaan merkittävästi. V-koneen päätylaippa on jaettu kolmeen erilliseen osaan. Päätylaippa on erillinen osansa ja siihen kiinnitetään kaksiosainen kehikko, joka tulee kampiakselin ympärille. Kehikossa on tiivistepinta, jota vasten v-rengastiiviste painautuu. Rivikoneessa päätylaippa on jaettu kahteen osaan. Rivikoneen päätylaipassa kehikko on jo valmiiksi integroituna laipan muotoiluun.

7.2 Testaus

Testausvaiheessa tuli selvittää kuinka paljon öljyä tiivisteeseen ohi vuotaa ja mahdollisia syitä vuodolle. Testauksen valmisteluun kuului moottoriin tehtävien mekaanisten muutosten suunnittelu sekä muutoskuvannon tekeminen, jotta moottorilaboratoriossa tiedetään mitä muutoksia kyseiseen moottoriin tulee tehdä testauksia varten. Moottorilaboratorioon lähetettiin myös testiohjelma, jossa kerrottiin mitä moottorista halutaan testata (**Kuva 6.**). Testiohjelmasta ilmenee halutut käynti- ja olosuhdeparametrit. Moottoria suunniteltiin testattavaksi normaaliolosuhteissa, sekä kampikammion yli- ja alipainetilassa. Moottoria käytettiin myös eri kierrosnopeuksilla. Kierrosnopeuksilla selvitetään kuinka suureksi tiivisteeseen kehänopeus saisi nousta ilman, että tiiviste pettäisi.

	Output	Speed	Crankcase pressure		Prestanda ID	Oil lock flow g/15min
			target	actual		
test 1	0 %	750RPM	nominal			
test 2	25 %	750RPM	nominal			
test 3	50 %	750RPM	nominal			
test 4	75 %	750RPM	nominal			
test 5	100 %	750RPM	nominal			
test 6	100 %	720RPM	nominal			
test 7	110 %	750RPM	nominal			
test 8		clutching speed	nominal			
test 9	25 %	25 %	nominal			
test 10	50 %	50 %	nominal			
test 11	75 %	75 %	nominal			
test 12	100 %	750RPM	-9mbar			
test 13	100 %	750RPM	-6mbar			
test 14	100 %	750RPM	-3mbar			
test 15	100 %	750RPM	0mbar			
test 16	100 %	750RPM	3mbar			
test 17	100 %	750RPM	6mbar			
test 18	100 %	750RPM	9mbar			
test 19	100 %	750RPM	nominal			
test 20	BMEP 29 bar	850RPM	nominal			

REMOVE MODIFICATIONS AND RETURN THE ENGINE TO STANDARD

WHEN ENGINE IS STOPPED KEEP CRANKCASE PRESSURE -15mbar FOR 15 MIN

test 21	100 %	750RPM	nominal	No measurements required only check if it leaks oil		
---------	-------	--------	---------	---	--	--

REFILL OIL LOCK

test 22	100 %	750RPM	nominal	No measurements required only check if it leaks oil		
---------	-------	--------	---------	---	--	--

Kuva 6. Mittauspöytäkirja laboratoriotestejä varten

Ajanpuutteen vuoksi kuitenkin testaukset jäivät tekemättä opinnäytetyöhöni. Vaasan laboratoriossa olevassa rivikoneessa, johon testaukset suunniteltiin, ilmeni koajan uusia viivästyksiä ja muita ennalta arvaamattomia tilanteita. Vaasan laboratoriossa on myös paljon muitakin testejä suunnitteilla, joilla on suurempi prioriteetti. Samaa konetta käytetään myös tulevien moottorikonseptien testaamiseen, jotka aiheuttavat aikataulussa suuriakin muutoksia. Testaukset kuitenkin tehdään vielä myöhemmin, kun kyseinen rivikone saadaan jälleen testaukseen ja suuremman prioriteetin omaavat testit tehdään ensin.

Rivikoneen testauksiin liittyen on muutama mahdollinen lopputulos. Yksi mahdollisuus on, että kampiakselintiviste ei vuoda missään vaiheessa. Tämä on kuitenkin erittäin epätodennäköistä, sillä kampikammion alipaine aiheuttaa vuotoa melkein varmasti. Kampikammion paineen mennessä alipaineeksi, nostattaa se tiivisteen

huulet irti tiivistepinnasta jolloin tiiviste päästää öljyn kulkemaan huulien ja tiivistepinnan välistä. Toinen mahdollisuus on tiivisteen vuotavan jonkin verran. Tässä tapauksessa suunniteltu öljyn keruu-ura ja öljylukko toimivat loistavasti, eikä öljy pääse poistumaan moottorin ulkopuolelle. Kolmas ja todennäköisin vaihtoehto on, että tiiviste vuotaa rankasti tietyissä tilanteissa, mutta normaali olosuhteissa vuoto on vähäistä. Tämä kertoisi moottorin väärinkäytöstä niissä tilanteissa, kun tiiviste vuotaa rankasti öljyä. Moottorin normaaliolosuhteissa vuodon tulisi kuitenkin olla vähäistä. Vähäinen vuoto saadaan hallittua myös öljyn keruu-uran ja öljylukon avulla. On myös epäilty, että öljylukkokin voi aiheuttaa vuodon. Öljylukko tyhjenytessään menettää ominaisuuden pitää kampikammiopaineen moottorin sisällä, jolloin öljy karkaa paineen mukana öljylukon kautta ulos moottorista. Mikäli öljylukko pääsee tyhjenemään, se ei todennäköisesti pysty täyttymään itsestään kunolla, vaan se täytyy manuaalisesti täyttää. Toimiakseen oikein öljylukko tulee olla täynnä öljyä.

8 PÄÄTYLAIPAN SUUNNITTELU

8.1 Koneistusmalli

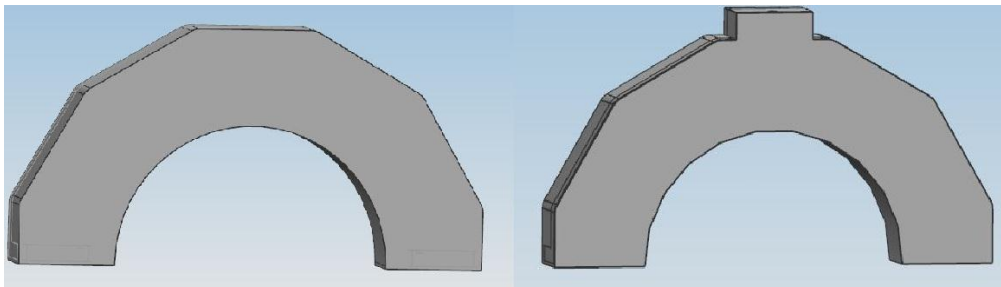
8.1.1 Huomioon otettavat asiat

Koneistuksella tarkoitetaan lastuavaa työstöä. Lastuavia työstömenetelmiä ovat muun muassa sorvaus, poraus ja jyrsiminen. Tällä työmenetelmällä poistetaan ainetta kappaleesta lastuina, kunnes saadaan halutun muotoinen kappale. Lastuavilla työstömenetelmillä saadaan aikaan tarkkamittaisia kappaleita. Koneistuksessa täytyy ottaa huomioon työstökeskusten tuomat rajoitteet. Koneistuksella ei voi saada aikaan niin monimutkaisia kappaleita kuin valamalla. Koneistuskappaletta suunniteltaessa on ymmärrettävä, minkälaisia muotoja on mahdollista toteuttaa kyseisellä valmistusmenetelmällä.

Koneistuskappaletta suunniteltaessa tulisi myös ottaa huomioon minkälaisesta aihioista valmis tuote tehdään. Aihion olisi hyvä olla mahdollisimman lähellä halutun kappaleen muotoa ja kokoa. Mitä vähemmän valmiista aihioista tarvitsee poistaa materiaalia, sitä edullisemmaksi tuote tulee valmistaa. Mikäli aihioista tulee poistaa materiaalia paljon, kuluvat koneistuksessa työkalut ja koneistusajat pitenevät huomattavasti. Koneistus voi useasti olla valmistuksen kallein vaihe.

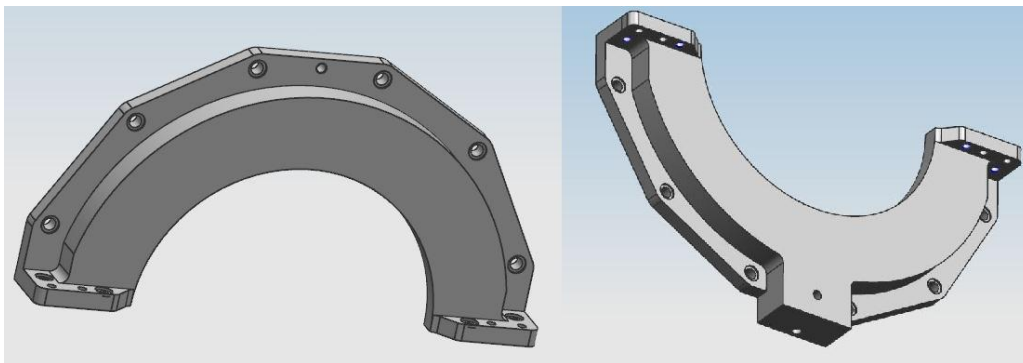
8.1.2 Koneistusmallin suunnittelu

Koneistusmallin suunnittelu alkoi polttoleikkausmallin tekemisellä (**Kuva 7.**). Koneistettuun laippaan on tarkoitus polttoleikata kappale suorakulmaisesta aihioista, joka on lähellä oikean kappaleen mittoja. Polttoleikkausmallissa tuli ottaa huomioon työvarojen jättäminen. Työvaroja tuli jättää siten, että koneistusta tulisi mahdollisimman vähän. Polttoleikkausmalleja tuli tehdä kaksi kappaletta, yläpuolelle ja alapuolelle omansa, koska ne erosivat ulkomitoiltaan toisistaan liikaa.



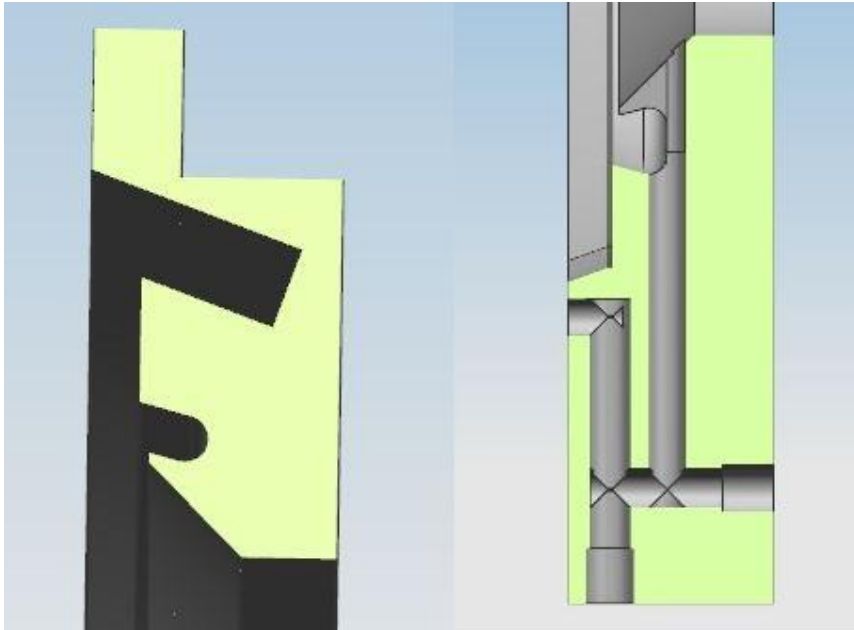
Kuva 7. Vasemmalla yläpuolen polttoleikkaus ja oikealla alapuolen polttoleikkaus

Polttoleikkausmallit tuli linkittää esikoneistusmalleihin, jotta muutoksia tehdessä assosiatiivisuus säilyisi (**Kuva 8.**). Koneistusmalleja suunniteltaessa täytyi miettiä miten kappale valmistettaisiin, että se olisi mahdollista tehdä työstökeskuksella. Erikoisia ja kaltevia muotoja täytyi välttää koneistettavuuden takia. Myös esikoneistusmalliin tuli jättää työvarat hienoaajoa varten. Lopullinen hienoaajo tapahtuu vasta, kun kappaleet ovat liitettyinä yhteen. Aluksi tehtiin malli piirustuksen profiilista, jota käyttäisin kappaleessa.

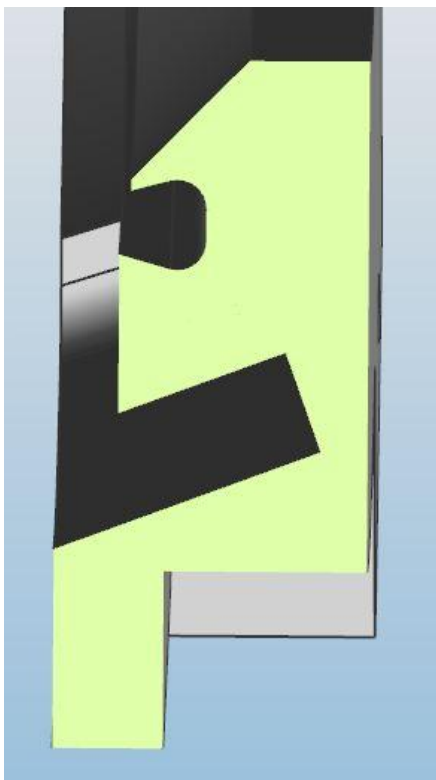


Kuva 8. Vasemmalla yläpuolen ja oikealla alapuolen laipan esikoneistus valmiina

Tämän jälkeen käytin revolve-toimintoa, jotta sain profiilin tehtyä koko kappaleeseen (**Kuva 9.**). Alakappaleen profiili poikkeaa hieman yläkappaleen profiilista öljyn valumasuunnan vuoksi (**Kuva10.**). Profiilin tehtyä suunnittelin tassut ja extrude-toimintoa käyttämällä pursotin ne kappaleeseen. Ulkomuotojen valmistuttua hahmottelin loput piirteet, kuten reikäpiirit, pyöristykset ja alakappaleen öljylukon piirteet ja mallinsin ne kappaleisiin (**Kuva 9.**).



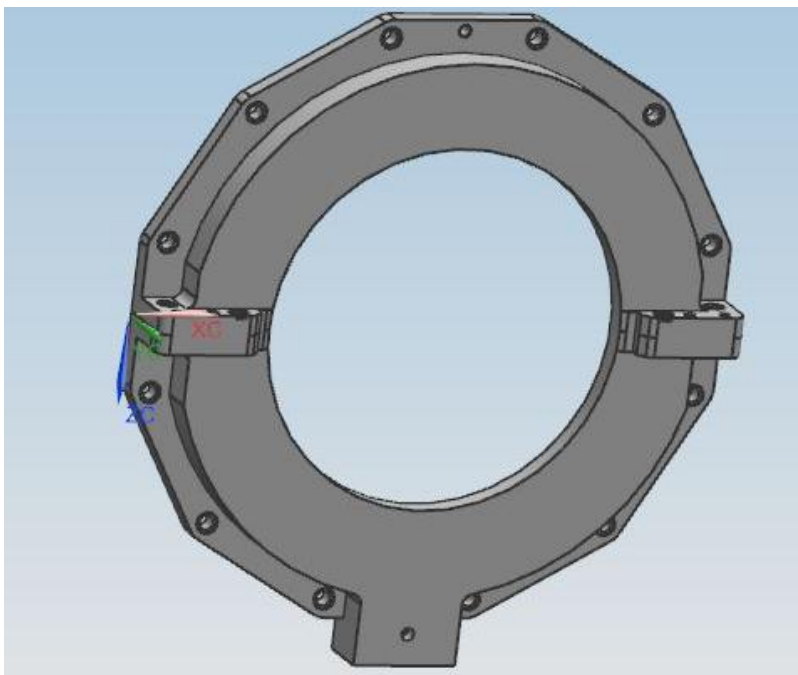
Kuva 9. Laipan profiili ja öljylukko



Kuva 10. Alakappaleen profiili

Lopuksi ylä- ja alakappale täytyi linkittää hienoajokokoonpanoon (**Kuva 11.**). Kappaleet kiinnitetään toisiinsa neljällä pultilla. Hienoajossa koneistetaan kappaleiden tiivistepinnat. Tiivistepinnat täytyi ajaa vasta tässä vaiheessa lopulliseen mittaansa,

jotta kappaleiden tasopintojen välille ei jäisi pykälää. Pykälää ei saisi tiivistepinnassa olla, sillä se heikentää tiivisteen toimivuutta.



Kuva 11. Hienoajokokoonpano

8.2 Valumalli

8.2.1 Huomioon otettavat asiat

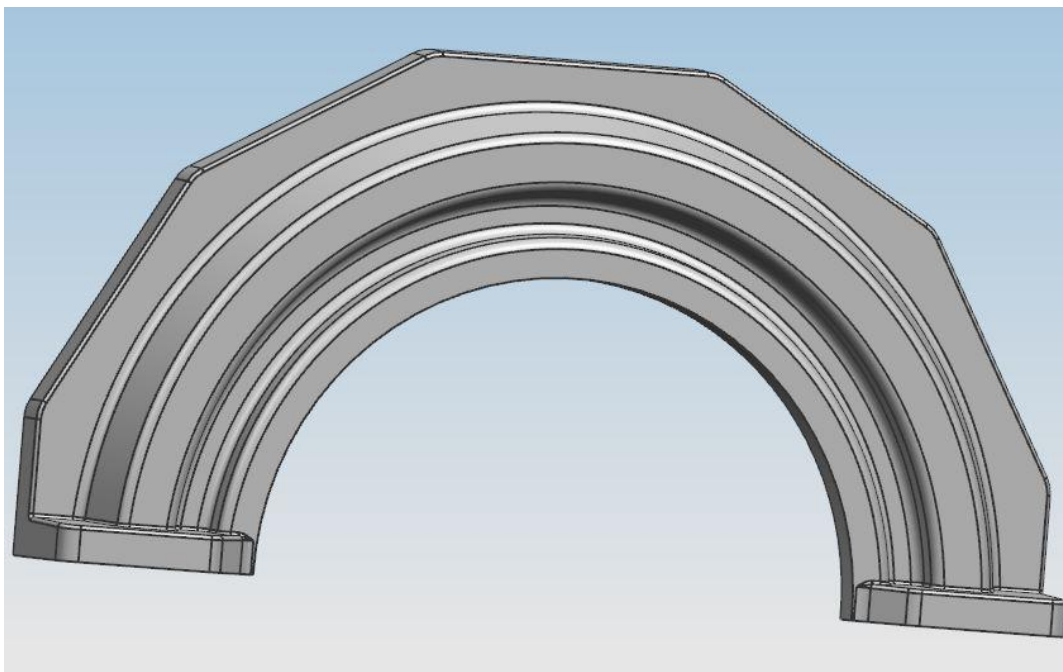
Valamisella tarkoitetaan nestemäisen aineen kaatamista muottiin, jossa se jäähtyy ja jähmettyy muotin mukaiseksi. Metallin valamisessa metalli kuumennetaan sulamispisteeseen ja sula metalli kaadetaan muottiin jähmettymään. Jähmettyttyään kiinteä kappale poistetaan muotista. Valamisella voidaan valmistaa hankaliakin kappaleita. Valukappaleen suunnittelussa tulee kuitenkin alusta asti ottaa huomioon valamisen tuomat rajoitteet ja vaihtoehdot saada paras laatu ja pienimmät valmistuskustannukset. Erilaisia valumenetelmiä ovat hiekkavalu, kipsivalu, tarkkuusvalu, harkkovalu, liukuvalu ja painevalu.

Valutuotteiden suunnittelussa tulee aluksi valita valumateriaali ja sen jälkeen tarkastella täyttääkö materiaali tuotteelta vaaditut ominaisuudet. Oikean materiaalin löydyttyä valitaan valumenetelmä. Valumenetelmän valinnassa tulee tarkistella voidaanko valittua materiaalia valaa kyseisellä valumenetelmällä. Menetelmän valinnan jälkeen mietitään onko valumenetelmä soveltuva valmistettaville sarjasuuruuksille. Viimeisenä täytyy miettiä, saako valitulla menetelmällä aikaan sellaista pinnanlaatua ja mittatoleransseja, joita kappaleelta vaaditaan.

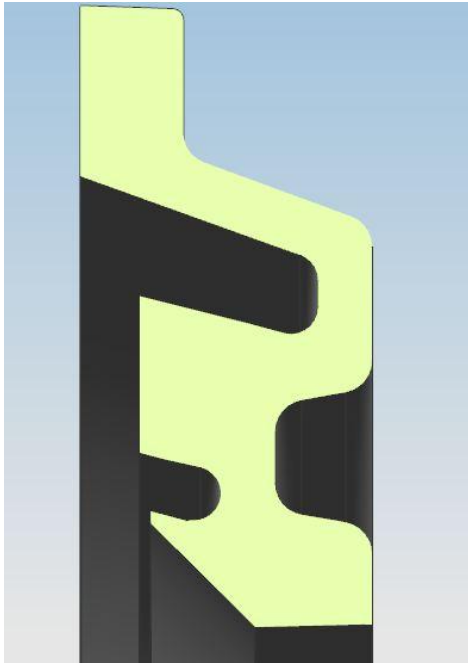
Itse kappaleen suunnittelussa tulee miettiä valuasentoa, eli missä asennossa kappale valetaan. Valuasennon valinnassa tulee kuitenkin ottaa huomioon muutama asia. Valukappale tulisi sijoittaa muottiin niin, että paksuimmat kohdat sijaitsevat yläpuolella syöttökupujen alla. Valuasennon olisi myös hyvä olla sellainen, että kappale on mahdollisimman matala. Tämän jälkeen alkaa piirteiden mallintaminen. Piirteitä mallintaessa on hyvä käyttää apuna suunnitteluohjelmiston aputasoja, koska jos myöhemmin jotain mitta täytyy muuttaa, onnistuu se kätevästi aputasoja siirtämällä. Piirteiden mallinnuksen jälkeen tulee pohtia kappaleen toleransseja ja työvaroja. Valukappaleissa esiintyy aina poikkeamia suunniteltuun muotoon nähden. Näiden poikkeamien takia toleranssien tulee olla riittävän suuret, että niistä ei ole haittaa kappaleen toiminnan kannalta. Toleranssien laskemisessa tulee ottaa huomioon mahdolliset valun poikkeamat ja että koneistettavissa pinnoissa on riittävästi materiaalia raakapinnan pois ajamiseksi. Poikkeamat muodossa johtuvat valumateriaalin kiteytymis- ja kutistumisominaisuuksista, myös muotin mitta- ja muotopoikkeamat vaikuttavat siihen. Näiden perusteella tulee mallintaa hellitykset. Hellitykset ovat pystysuorien seinien viistoamista. Hellityksien avulla kappale irtaantuu muotista helposti. Viimeisenä vaiheena kappaleeseen tulee suunnitella pyöristykset. Pyöristyksien tehtävänä on minimoida murtumisriskiä sisäkulmissa. Pyöristyksien säde sisäkulmissa olisi hyvä olla vähintään 3 mm. Kappaleen sisäiset jännitykset voivat myös aiheuttaa murtumariskiä. Kappaleen sisäisiä jännityksiä saadaan poistettua hehkutuksen avulla. Hehkutuksella tarkoitetaan lämpökäsittelyprosessia. Hehkutusta käytetään kappaleen kovuuden vähentämiseen, sekä sitkeyden kasvattamiseen. Nämä eliminoivat kappaleen sisäisiä jännityksiä /6/

8.2.2 Valumallin suunnittelu

Valukappaleen valmistus tapahtuu hiekkavalu menetelmällä. Hiekkavalu oli soveltuvaisin menetelmä ottaen huomioon vaaditut kriteerit. Valumateriaaliksi valittiin suomugrafiittivalurauta. Materiaalin valinta perustui sen hintaan ja koneistettavuuteen, täyttäen myös muut tarvittut ominaisuudet. Valumallinnuksen suunnittelu alkoi itse valumallin tekemisellä. Valumallin suunnittelu oli monimutkaisempaa, kuin koneistusmallin suunnittelu. Valumallissa täytyi ottaa huomioon hellitysten sijainnit. Hellityksiä täytyi suunnitella melkein kaikkiin pystysuoriin seinämiin. Ensimmäisenä tein yläpuolen kappaleen valumallin (**Kuva 12.**). Aloitin valumallin tekemisen piirtämällä kappaleen ulkomuodot ja pursottamalla ne haluttuun mittaan ja jatkoin mallintamista suunnittelemalla laipan profiilin, jonka mallinsin laippaan revolve-toimintoa käyttäen (**Kuva 13.**). Profiilin valmistuttua mallinsin tassut ja pursotin ne kappaleeseen. Kappaleen valmistuttua mallinsin hellitykset kappaleen pystysuoriin pintoihin. Hellitykset olivat 2 astetta loivat. Hellityksiä tuli kaikkiin muihin pintoihin paitsi tassujen pohjaan. Hellityksien jälkeen lisäsin kappaleeseen tarvittavat pyöristykset, jotta teräviä nurkkia ei tulisi.

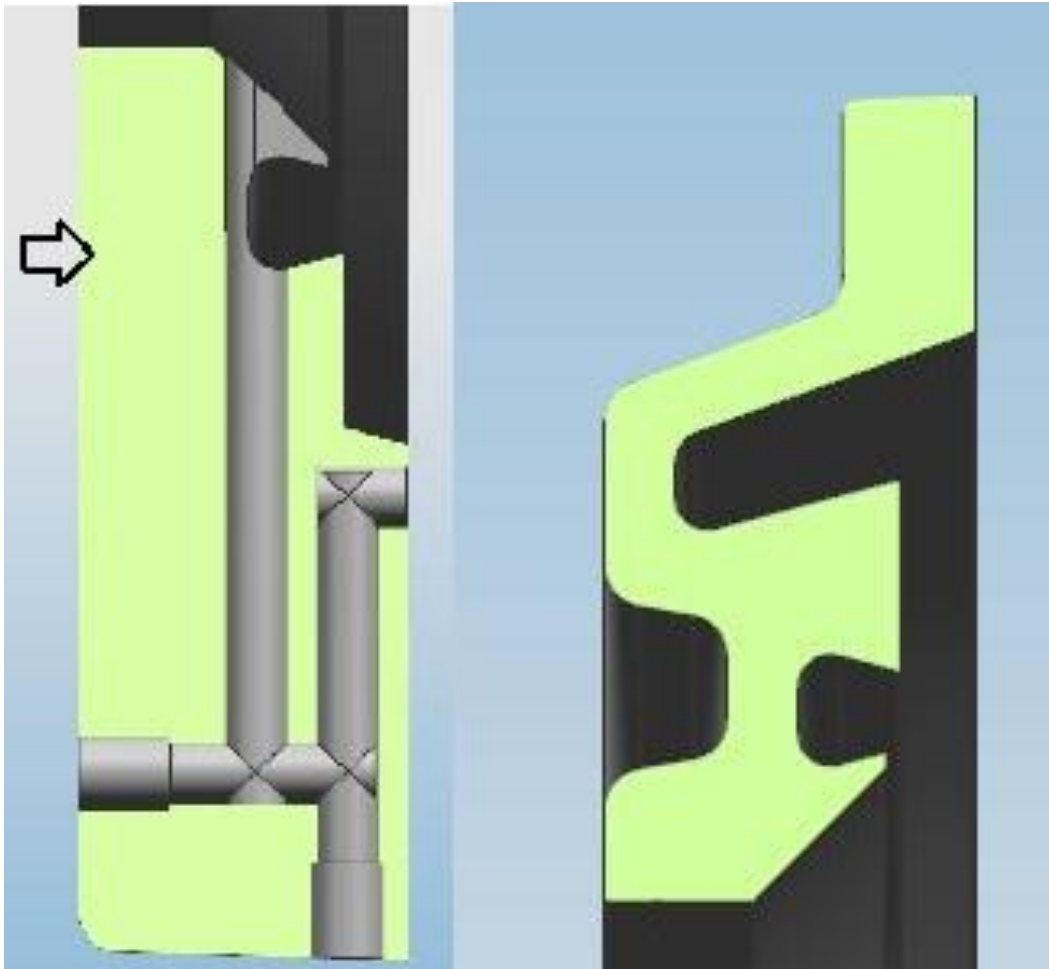


Kuva 12. Yläkappaleen valumalli



Kuva 13. Laipan profiili

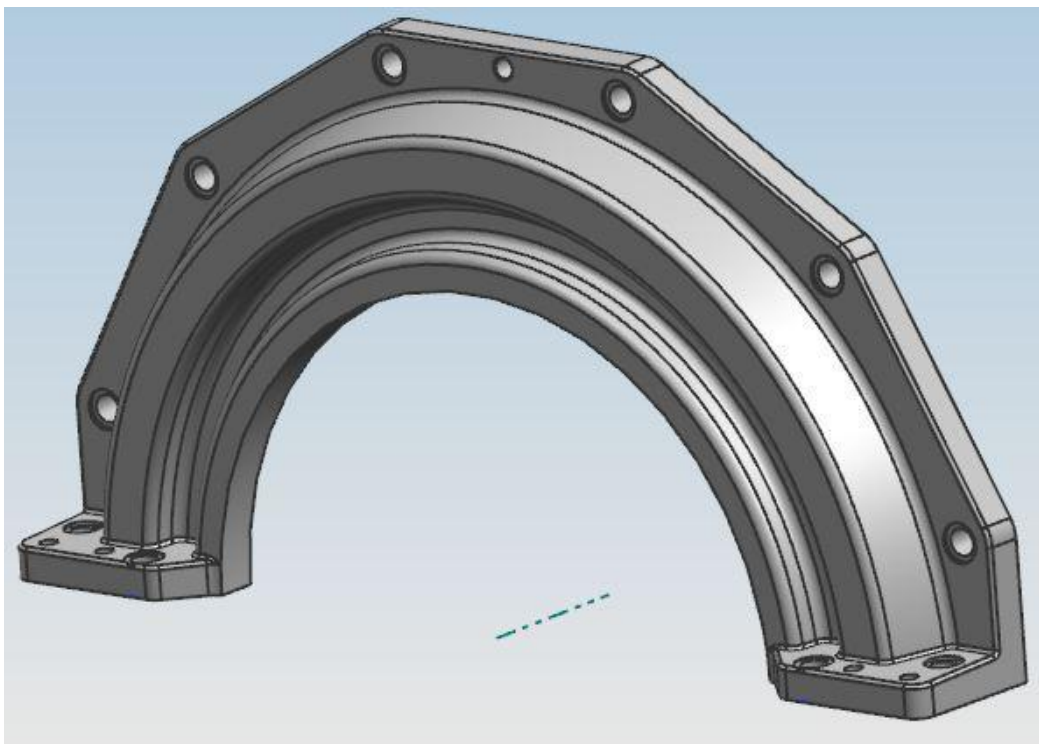
Alapuolen kappaleen mallinsin melkein samalla tavalla, kuin yläpuolen kappaleen. Alakappaleeseen tuli lisäksi öljylukko. Alakappaleen profiili poikkeaa myös hieman yläkappaleen profiilista (**Kuva14.**) Öljylukon mallinsin kappaleeseen viimeisenä. Öljylukon suunnittelussa tuli huomioida valumenetelmän tuomat rajoitteet. Seinämien vahvuuden tuli säilyä vähintään 10 millimetrissä. Jouduin lisäämään materiaalia nuolen osoittamaan kohtaan (**Kuva14.**), jotta seinämävahvuus pysyisi sallitun rajan sisällä.



Kuva 14. Alapuolen profiili ja öljylukko

Mallinnettuani kaikki piirteet valumalliin lisäsin malliin tarvittavat hellitteet. Hellityksiä joutui lisäämään alakappaleeseen enemmän, kuin yläkappaleeseen ulkomuodon erilaisuuden takia. Hellitteet olivat alakappaleessa muutoin samanlaiset, kuin yläkappaleessakin. Hellitteiden jälkeen lisäsin pyöristyksiä teräviin nurkkiin.

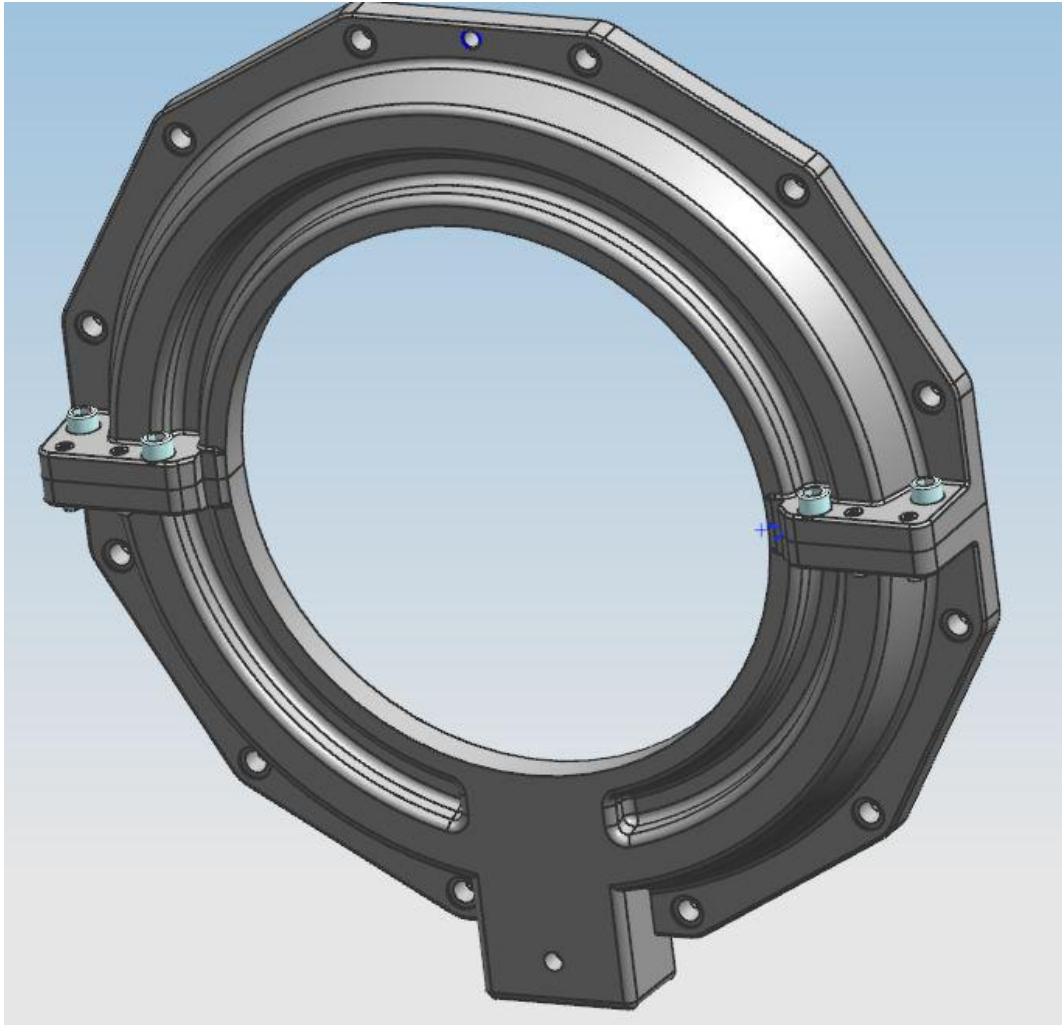
Valukappaleiden valmistuttua mallinsin esikoneistusmallit kappaleille. Esikoneistus mallien kriittiset mitat olivat samat kuin koneistusmallissakin. Aloitin esikoneistusmallien tekemisen yläkappaleesta (**Kuva 15.**). Esikoneistuksessa kappaleeseen tulee koneistaa tiivistepinnoista raakapinta pois, mutta työvaraa täytyi jättää hienoaajoa varten. Esikoneistuksessa kappaleeseen tulee myös koneistaa tarvittavat reiät ja kiertet, sekä laippojen tassut.



Kuva 15. Yläkappaleen esikoneistusmalli

Alakappaleen esikoneistuksessa täytyy ajaa muutoin samat pinnat paitsi öljylukkoon liittyvät lisäpiirteet (**Kuva 14.**). Esikoneistuksessa öljylukkoon porataan öljykanavat, sekä koneistetaan paikat tulpille. Öljylukossa tulpataan kaksi ulos menevää reikää, jotta lukko toimisi.

Valumalli täytyy myös hienoajaa esikoneistuksen jälkeen, kuten koneistusmallikin. Hienoajomalli koneistetaan samalla periaatteella kuin koneistusmalli. Laipan puolikkaat kiinnitetään toisiinsa neljällä pultilla, jotka pitävän laipan puolikkaita yhdessä koneistuksen ajan (**Kuva 16.**). Hienoajossa avarrettiin myös reiät, jotka sijaitsevat tassuissa. Reikiin laitetaan ohjaustapit, jotka ohjaavat laipan puolikkaat aina samalle kohdalle, kuin ne ovat olleet hienoajossa.



Kuva 16. Hienoajokokoonpano

9 YHTEENVETO

Lopputuloksena työlle saatiin 3D-mallit koneistusmallin sisältämistä kappaleista ja myös 3D-mallit valumallin sisältämistä kappaleista. Kummatkin laipat suunniteltiin siten, että ne sopivat alkuperäisen tilalle suoraan ilman minkäänlaisia muutoksia muihin osiin. Laippoihin saatiin integroitua öljynkeruu-urat ja alakappaleeseen öljylukko. Myös valmistuskuvannot jokaiselle kappaleelle tuli valmiiksi. 3D-malleja oli kaiken kaikkiaan 10 kappaletta ja myös jokaisesta kappaleesta erillinen valmistuskuvanto, eli 10 kappaletta valmistuskuvantoja myös.

Testauksien osalta testien valmisteluun vaaditut dokumentit saatiin valmiiksi. Dokumentteihin kuului muutoskuvanto ja kokoonpanokuvanto tarvittavista muutoksista moottorin päätylaippaan. Mittauspöytäkirja laboratoriotestejä varten kuului myös valmisteluihin ja PowerPoint-esitys tarvittavista testeistä ja muutoksista. Vaikka testejä ei saatukaan tehtyä opinnäytetyöni aikana, testaus kuuluu yhä suunnitelmiin jatkoa varten.

LÄHTEET

- /1/ Wärsilä Oyj Abp. Tämä on Wärsilä. Viitattu 17.3.2015
http://www.wartsila.com/docs/default-source/local-files/finland/tama_on_wartsila_2014.pdf?sfvrsn=2
- /2/ Rosengren B. 2014, Konsernijohtajan katsaus. Viitattu 17.3.2015
<http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2014/ar/tama-on-wartsila/konsernijohtajan-katsaus/>
- /3/ Jokinen T. Tuotekehitys. ISBN 978-952-60-3320-4 2010.
Viitattu 8.4.2015
<https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4819/isbn9789526033204.pdf?sequence=1>
- /4/ R. Jouko V.2011. Auto- ja kuljetusalan perusoppi 6: Moottori o ISBN 9511185225, kustantaja: Otava o 5. painos, 2011
- /5/ Klinger Finland Oy / Ramikro, Akseleiden tiivistäminen.
Viitattu 13.4.2015
<http://www.ramikro.fi/old/pdf/akselitiivisteet.pdf>
- /6/ Honkavaara T. Valutuotteiden suunnitteluopas 2014. Viitattu 20.4.2015
http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/valutuotteiden_suunnitteluopas.pdf